

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **62-112751**

(43)Date of publication of application : **23.05.1987**

(51)Int. Cl.

C22C 33/00

B22D 11/06

(21)Application number : **60-249956**

(71)Applicant : **NIPPON STEEL CORP**

(22)Date of filing : **09.11.1985**

(72)Inventor : **SUZUKI HIROO
MURAKAMI MASAHIITO
SATO YUICHI**

(54) MANUFACTURER OF FERROUS SHAPE MEMORY ALLOY SHEET METAL OR WIRE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain the titled sheet metal (foil) or wire having high strength and high toughness and excellent in shape memory effect by subjecting a ferrous alloy containing each specified quantity of Mn and Si which is melted in vacuum or in an inert-gas atmosphere to direct solidification so as to be formed into sheet metal (foil) or wire.

CONSTITUTION: A ferrous alloy containing, by weight, 20W40% Mn and 3.5W12% Si as essential components or the one containing, besides the above, one or more elements among Cr, Ni, Co, Mo, C, Al, Ca, REM, etc., is melted in vacuum or in an inert-gas atmosphere. Then the above molten alloy is allowed to flow into a well-known apparatus for solidification by rapid cooling, such as the one on the single-roll or double-roll system, which is disposed in a vacuum or in an inert-gas atmosphere in a similar manner as above, to undergo solidification by rapid cooling. In this way, Fe-Mn-Si shape memory alloy sheet metal (foil) or wire having a thickness of ≤ 0.5 mm can be obtained. This sheet metal (foil) or wire is excellent in resistance to heat and corrosion, as well.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(2)

特開平10-226849

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】重量%として、Mn：20～40%、Si：3.5～8%、Cを1%超5%以下含有し、残部鉄および不可避不純物からなることを特徴とする鉄基形状記憶合金。

【請求項2】重量%として、Mn：20～40%、Si：3.5～8%、Cを1%超5%以下、さらに10%以下のCr、Ni、Coを1種または2種以上含有し、残部鉄および不可避不純物からなることを特徴とする鉄基形状記憶合金。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、室温付近で塑性加工歪みを与えた後、逆変態温度以上に加熱することにより形状記憶効果を持つ形状記憶合金に関するものである。

【0002】

【従来の技術】形状記憶効果を示す合金は、Ti-Ni合金を始め、銅合金、鉄基合金などで数多く知られている（例えば、「金属」1983年2月号12ページ）。これらのうち、例えば本出願人の出願に係る特願昭59-187403号に示されるFe-Mn-Si系合金や、同じく本出願人が出願した特願昭60-40561号のFe-Mn-Si合金に10%以下のCr、Ni、Co、1%以下のC、Al、Cuの1種または2種以上を含むFe-Mn-Si系合金はいずれも優れた形状記憶効果を示し、かつ本出願人が出願した特願昭60-249957号に記載した加工と熱処理の繰り返しによりさらに優れた形状記憶効果が得られる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】Fe-Mn-Si系形状記憶合金は前述のように優れた形状記憶効果を示し、各種鋼管の継ぎ手として応用されつつある。しかし実際使用するにあたっては、継がれる側の鋼管の寸法誤差が大きい場合があり、製造ままの形状記憶合金の継ぎ手の回復量では不十分なため、前述した特願昭60-249957号に記載したとおり、加工と熱処理の繰り返し操作を行なって回復量を大きくして用いる必要があった。本発明は、このような加工と熱処理の繰り返し操作を行なわなくても十分な回復量の得られるFe-Mn-Si系形状記憶合金を提供するものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、応力誘起マルテンサイト変態を優先的に引き起こすため、従来成分のFe-Mn-Si系合金に1%超かつ5%以下のCを含有させ、母相を強化するものである。すなわち、第1の発明は、重量%として、Mn：20～40%、Si：3.5～8%を含有した鉄基合金において、Cを1%超かつ5%以下含有することを特徴とする鉄基形状記憶合金である。また、第2の発明は、重量%として、Mn：

2

20～40%、Si：3.5～8%に加え、10%以下のCr、Ni、Coを1種または2種以上含有した鉄基合金において、Cを1%超かつ5%以下含有することを特徴とする鉄基形状記憶合金である。

【0005】Fe-Mn-Si系形状記憶合金は、fcc構造を有する γ 相、すなわち母相にhcp構造を有するマルテンサイト相 ϵ を応力で誘起し、これを逆変態温度に加熱することにより形状を回復させる形状記憶合金である。Fe-Mn-Si系形状記憶合金の降伏応力の室温から200℃までの温度依存性を図示すると図1のように低温部では温度に対して正の、高温部では温度に対して負の勾配を持つ2つの直線で表わされる。ここで低温側の正の勾配の直線が降伏応力がマルテンサイト相を誘起するのに必要な応力に相当し、高温側の負の直線が母相のすべり変形を引き起こす応力に相当する。低温側ですべり変形が起こらないのではなく、負の勾配の直線を低温側に外挿した図の点線以上の応力が加わった場合、応力誘起マルテンサイト変態と同時にすべり変形も生じる。すべり変形は永久変形であるので加熱によって回復しない。従って、変形の際、すなわち室温におけるすべり変形に対する抵抗が高い方がマルテンサイト変態だけを誘起させるので、良好な形状記憶効果が得られる。1%を超えるCの添加によりFe-Mn-Si系形状記憶合金の滑り変形に対する抵抗は上昇し、室温における変形で応力誘起マルテンサイト変形が優先的に生じ、逆変態温度以上に加熱したとき、変形した歪み量に近い量の歪みが回復する。Cの添加を5%以下としたのは、これを越えて添加すると靱性が劣化するためである。

【0006】Mnは20%未満では応力誘起によって ϵ 相の生成とともに α' 相も導入され形状記憶効果が低下する。また逆にMnが40%を超えると γ が安定化され、 $\gamma \rightarrow \epsilon$ 変態よりも γ のすべり変形が優先的に生じるようになる。

【0007】Siは $\gamma \rightarrow \epsilon$ 変態を促進させる元素であるが、その十分な効果は3.5%以上の添加によって得られる。しかし、Siを8%を超えて添加すると、合金の加工性および成形性が損なわれてしまう。

【0008】Crは耐食性の向上に役立つが、10%を超えて添加すると、Siと低融点の金属間化合物を形成し、合金の溶製が困難となる。またCrは $\gamma \rightarrow \epsilon$ 変態を容易にし、形状記憶特性を向上させる上でも効果的である。

【0009】Niは形状記憶特性を劣化させることなく靱性の向上に寄与するが、これもまた10%を超えて添加すると熱間加工性が悪くなる。

【0010】Coは形状記憶効果を向上させ、熱間加工性も向上させるが高価であり、また多量に添加しても効果が顕著ではないのでその上限を10%とした。

【0011】

(3)

特開平10-226849

3

4

【発明の実施の形態】

【実施例1】表1に示す17種類の成分の合金を大気溶解により溶製し、铸塊に铸造した。この铸塊から直接、直径4mm、有効引張り長さ25mmの丸棒試験片を削り出した。この削り出し試験片に加工や熱処理を施さないまま、回復歪の測定と靱性の測定を行なった。

【0012】回復歪測定は、削り出し試験片に7%引張り変形歪を導入し、次いで300℃に加熱し、回復歪を測定した。引張り後加熱前長さと加熱後長さの差を加熱前長さで割りパーセント表示した値を回復歪としている。測定結果を表1に示す。C含有量が本発明の下限以下である比較例（試料番号12、13、14）において回復歪が低い値を示すが、それ以外の試料では良好*

*な回復歪が得られていることがわかる。

【0013】靱性は、削り出し試験片に-100℃でシャルビー試験を行い、100%延性破面を◎、延性破面と脆性破面が混在するものを○、100%脆性破面を呈したものを×で表1に表示した。C含有量が本発明の上限以上である比較例（試料番号15、16、17）において靱性評価が×であるが、それ以外の試料では○または◎であり、良好な靱性が得られていることがわかる。

【0014】この結果を総合すると、本発明合金は回復歪、靱性ともに良好であることがわかる。

【0015】

【表1】

	No	Mn	Si	Cr	Ni	Co	C	Fe	回復歪%	靱性
本 発 明	1	31.5	6.2	0	0	0	1.1	bal.	4.0	◎
	2	32.3	6.0	0	0	0	2.8	bal.	4.8	◎
	3	31.9	5.3	0	0	0	4.5	bal.	6.3	○
	4	28.1	6.1	6.4	0	0	1.5	bal.	4.6	◎
	5	27.5	5.6	6.0	0	0	2.7	bal.	4.7	◎
	6	22.4	6.3	6.8	0	0	4.0	bal.	6.0	○
	7	20.7	5.5	8.2	4.9	0	1.1	bal.	4.5	◎
	8	22.1	5.2	9.1	6.0	0	2.4	bal.	4.8	◎
	9	21.1	5.4	8.9	5.8	0	4.2	bal.	6.2	○
	10	20.5	6.0	10.0	0	7.5	1.2	bal.	4.6	◎
	11	20.6	5.4	9.8	0	7.3	8.5	bal.	4.8	○
比 較 例	12	31.6	6.0	0	0	0	0.03	bal.	3.5	◎
	13	28.2	6.3	6.5	0	0	0.5	bal.	3.5	◎
	14	20.4	5.5	6.5	6.1	0	0.1	bal.	3.9	◎
	15	31.5	3.7	0	0	0	5.7	bal.	4.8	×
	16	28.3	6.2	5.8	0	0	6.0	bal.	4.7	×
	17	20.8	5.6	8.7	6.8	0	5.6	bal.	5.0	×

【0016】【実施例2】表1に示す17種類の成分の内、本発明例4および比較例13を大気溶解により溶製し、铸塊に铸造した。この铸塊を直接丸棒に削りだし、しかる後にパイプ状に中心をドリル穿孔し、配管用炭素鋼鋼管（JIS G3542）として多用される呼び径25Aの配管継ぎ手を製作した。製作した配管継ぎ手の内径を寸法許容差±0.2mmとし製作した。

【0017】これらの試験用配管継ぎ手を内径で7%の拡張を行ったあと300℃に加熱し、回復した回復歪を測定した。回復歪は拡張後加熱前の直径と300℃に加熱後の直径の差を加熱前直径で割りパーセント表示した。測定結果を表2に示す。

【0018】

【表2】

	No	回復歪%
本発明	4	4.0
比較例	13	3.5

【0019】つぎに、呼び径25Aの配管用炭素鋼鋼管との継ぎ手締結試験を行った。継ぎ手の設計としては呼

び径25A（外径34.0mm）鋼管のJIS外径の寸法許容差±0.5mmと継ぎ手の内径寸法公差実績±0.2mmを考慮し配管用炭素鋼鋼管と継ぎ手が300℃加熱前に挿入可能な寸法として7%拡張後の内径寸法として34.7mmを狙い値として製作した。（34.0+0.5+0.2=34.7mm）

この継ぎ手の拡張前の内径は34.5~34.9mmとなり、継ぎ手のみを300℃に加熱後の内径は、本発明のNo.4の継ぎ手では4.6%縮径し32.91mm~33.29mmであった。一方、比較例（No.13）では3.5%の縮径であり33.29~33.68mmであった。

【0020】継ぎ手と鋼管を組み合わせたの継ぎ手締結試験を同条件で実施したところ、本発明のNo.4の継ぎ手ではいずれも良好な締結が行われたが、比較例（No.13）では縮径が不十分であり配管用炭素鋼鋼管の寸法許容差のマイナス側寸法（最小径33.5mm）材では隙間が生じ継ぎ手として機能出来なかった。また、継ぎ手の狙い値を細目に設計したものは加熱前に挿入出来ないものが生じた。

(4)

特開平10-226849

5

6

【0021】以上のことから比較例では、従来の継ぎ手締結性能を得るためには、継ぎ手の内径を旋削・機械加工するか、もしくは配管用炭素鋼管の外径寸法を機械矯正するが必要であり、コストアップとなり工業的に不利益である。また、この比較例の試料を特願昭60-249957号に示したごとく繰り返し加工と熱処理を加え回復量を大きくして用いることは可能であるが、継ぎ手の製造コストが著しく増加し工業的に不利益である。

【0022】すなわち、本実施例のごとく、継ぎ手においては一般的に配管用炭素鋼管の寸法許容差や継ぎ手の製作公差を考慮すると4%程度の回復量が必要であり(4%では33.12~33.50mmとなる)本発明により初めて工業的に安価な製品製造を可能とするも*

*のである。

【0023】

【発明の効果】本発明合金は、铸造後に加工と熱処理の組み合わせ操作を施さなくても十分な回復量と靱性を有しているため、工業的に利用価値の高い形状記憶合金を安価に製造することができる。

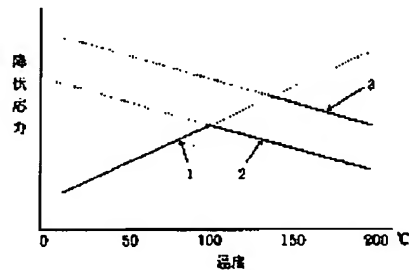
【図面の簡単な説明】

【図1】Fe-Mn-Si系形状記憶合金の降伏応力の温度依存性を示す図面である。

【符号の説明】

- 1 マルテンサイト変態誘起応力
- 2 C添加量が1%未満の場合のすべり応力
- 3 1%を超えるCを添加した場合のすべり応力

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 田巻 耐
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本
製鐵株式会社内

(72)発明者 丸山忠克
東京都千代田区神田小川町2-3-13 淡
路産業株式会社東京支社内